

УДК 53 (077)

Т.П. Желонкина, С.А. Лукашевич, Е.Б. Шершнев

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРИИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН НА УРОКЕ ФИЗИКИ

У статті розглядаються методичні основи впровадження навчального експерименту при вивченні механічних коливань і хвиль. Особлива увага приділяється комп'ютерного моделювання експерименту, яке підвищує в учнів мотивацію до навчання фізики.

Ключові слова: *фізичний експеримент, освіта, комп'ютерне моделювання, гармонійні коливання, фігури Ліссажу.*

Постановка проблемы. Современный стандарт физического образования требует такого построения учебного процесса, при котором учащиеся усваивают не только знания, но и основы методов научного познания. Это означает, что сообщение только умозрительных рассуждений, теоретических выкладок и экспериментально обнаруженных фактов в процессе изложения учебного материала недостаточно, поэтому необходимо сопровождать каждую лекцию демонстрационным экспериментом. Кроме того, наличие наглядного эксперимента облегчает восприятие и оживляет изложение нового материала. Применение виртуального эксперимента целесообразно для представления физических явлений, трудно воспроизводимых в реальном эксперименте.

Компьютерное моделирование эксперимента повышает у учащихся мотивацию к обучению и созданию моделей, позволяющих рассматривать физические процессы «изнутри», используя красивую графику, новейшее программное обеспечение и даже современные гаджеты. Такой виртуальный эксперимент позволяет учащимся самостоятельно вносить изменения в протекание процесса и визуализацию принципиально ненаблюдаемых при эксперименте явлений. Все это делает целесообразным включение в натурный физический эксперимент элементов компьютерного моделирования. Натурные эксперименты, в том числе и демонстрационные, при всех их безусловных достоинствах обладают одним существенным недостатком - параметры натурального эксперимента имеют весьма ограниченный диапазон изменения в силу технических возможностей конкретного прибора, условий демонстрации опыта и иных причин. А виртуальный эксперимент в качестве дополнения к натурным опытам сможет частично компенсировать недостатки и физический износ имеющегося демонстрационного оборудования. «Физика колебаний» является неотъемлемым разделом как школьного, так и вузовского курсов. Этот раздел традиционно оснащен хотя бы минимальным демонстрационным экспериментом. При отсутствии такового, а также при использовании дистанционных технологий уместно использование видеозаписей демонстраций и компьютерных моделей физических явлений.

Основное содержание статьи. Рассмотрим, как решаются вопросы методической поддержки урока на примере сложения взаимно перпендикулярных гармонических колебаний и получение Фигур Лиссажу.

В данной статье предлагается рассмотреть план-конспект урока «Сложение гармонических колебаний», который разработан и внедрен нами при проведении факультативных занятий в рамках «Неделя физики» в «ГУО СШ№27, г. Гомеля».

План-конспект урока по физике в средней школе по теме «Сложение гармонических колебаний».

Тема урока: сложение гармонических колебаний.

Цели урока:

1) *Образовательные:* добиваться прочного усвоения знаний по теме, умения применять теоретические знания на практике.

2) *Воспитательные:* способствовать формированию научного мировоззрения, развитию коммуникативной культуры. Формировать навыки работы в группе, умение распределять обязанности и нести ответственность за общее дело. Осуществлять нравственное воспитание и эстетическое воспитание на уроке.

3) *Развивающие:* способствовать развитию технического мышления, речи, памяти, восприятия, самостоятельности, активности.

Оборудование: доска, маятник Эйри, проектор, компьютер.

Тип урока: комбинированный.

Форма проведения урока: беседа, демонстрация, исследовательская работа в группах.

Ход урока:

1) Организационный момент

(Взаимное приветствие. Целеполагание. Настрой на положительную мотивацию, благоприятный микроклимат урока).

2) Повторение ранее изученного материала.

Учитель: Определив истинность высказываний, составьте эпитаф сегодняшнего урока. Обратите внимание на слайд (таблица 1).

Таблица 1

Слайд с заданием

Утверждение	Истина	Ложь
Колебательное движение — вид неравномерного движения.	Великое	Всякое
Мех. колебание — это движение, которое точно или приблизительно повторяется через равные интервалы времени.	Искусство	Умение
Маятник, биение сердца человека, движение велосипедиста по велотреку — все это примеры колебательных систем.	Помогает	Научиться
Одним из свойств колебательной системы — возникновение периодически изменяющейся силы, прямо пропорциональной смещению тела, возвращающей систему в положение равновесия.	Другому — это	Многому — это
Амплитуда — максимальное смещение тела от положения равновесия.	Братся	Обратить
Период колебаний — это число колебаний в единицу времени.	На многое	За немногое
Частота колебаний — величина, обратная периоду.	Д. Локк	Вашингтон
Ответ: <i>Великое искусство научиться многому — это братья за немногое. Д. Локк</i>		

Учащиеся: (первые отгадавшие эпитаф, зачитывают его).

Учитель: Итак, эпитафом сегодняшнего урока я выбрала слова Д. Локка. Как вы понимаете слова, сказанные этим человеком?

Учащиеся: (высказываются).

3) Актуалізація знань.

Учитель: Одним из примеров колебательной системы является маятник: математический и пружинный. На предыдущем уроке мы выяснили, какими величинами характеризуется колебательное движение.

Учащиеся: Амплитудой, периодом, частотой.

Учитель: Верно.

4) Изучение нового материала.

Учитель: Переходим к основной цели урока - сложение двух взаимно перпендикулярных колебаний.

В результате сложения таких колебаний возникают фигуры Лиссажу – замкнутые траектории (по имени французского учёного Ж.Лиссажу, который в 1863 году впервые описал их). Вид фигур зависит от соотношения между периодами (частотами), фазами и амплитудами обоих колебаний. Пример представлен на рисунке 1.



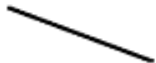


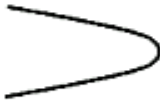







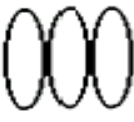




Отношение частот γ	Разность фаз $\Delta\phi$		
	0	$\pi/2$	π
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{1}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{2}{1}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{2}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{3}{1}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{3}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{2}{3}$			

Рис.1. Фигуры Лиссажу

В простейшем случае равенства обоих периодов фигура представляет собой эллипс, который при разности фаз 0 или π вырождается в отрезок прямой, а при разности фаз $\pi/2$ и равенстве амплитуд превращается в окружность. Если периоды обоих колебаний неточно совпадают, то разность фаз всё время меняется, вследствие чего эллипс непрерывно деформируется. При существенно различных периодах фигуры Лиссажу не наблюдаются. Однако, если периоды относятся как целые числа, то через промежуток времени, равный наименьшему кратному обоим периодам, движущаяся точка возвращается в исходное положение, – получаются более сложные формы. Фигуры Лиссажу вписываются в прямоугольник, центр которого совпадает с началом координат, а стороны параллельны осям координат и расположены по обе стороны от них на расстояниях, равных амплитудам колебаний.

5) Формирование умений и навыков. Применение знаний.

Учитель: А теперь давайте сделаем опыты с виртуальными приборами и комбинированными установками, состоящими из виртуальных и реальных приборов. Если подать на входы «X» и «Y» осциллографа сигналы близких частот, то на экране можно увидеть фигуры Лиссажу. Этот метод широко используется для сравнения частот двух источников сигналов и для подстройки частоты одного источника под частоту другого. Когда частоты близки, но не равны друг другу, фигура на экране вращается, причём период цикла вращения является величиной, обратной разности частот. При равенстве частот фигура застывает неподвижно. Будем пользоваться виртуальными и реальными приборами, исследуем фигуры Лиссажу с помощью компьютерной программы «lissaju.exe» – эмулятора осциллографа, которая разработана специально для исследования фигур Лиссажу. На рисунке 2 слева показан экран осциллографа, а справа – панель окон для ввода параметров складываемых колебаний, параметров вывода фигур Лиссажу на экран и органов управления.

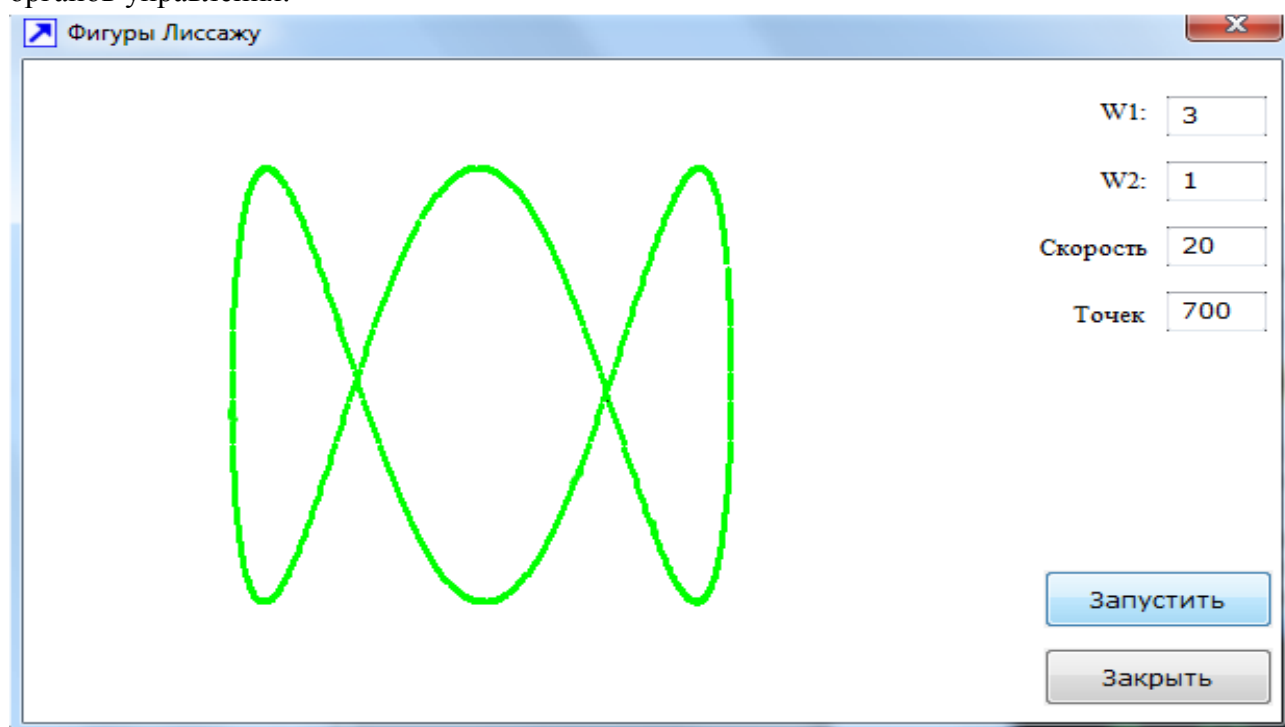


Рис.2. Экран осциллографа

В верхние два окна вводятся относительные значения частоты складываемых колебаний. В окно w1 (ось X) введено число 3, а в окно w2 (ось Y) – число 1. Это значит, что частота колебаний по оси X в три раза больше, чем по оси Y . На экране получилась показанная фигура. Если на неё «положить» сверху линейку, то линейка коснётся фигуры в трёх точках, а если линейку поднести сбоку, то в одной точке. Это как раз соответствует соотношению складываемых частот 3:1.

В этой программе можно изменять скорость прорисовки фигур Лиссажу (окно «Скорость») и количество точек, из которых она состоит (окно «Точек»). Для запуска программы наведите курсор на кнопку «Запустить» и нажмите левую кнопку мыши. Для выхода из программы наведите курсор на кнопку «Заккрыть» и нажмите левую кнопку мыши.

А теперь проведем эксперимент с реальным прибором. Перед вами стоит маятник Эйри, который состоит из воронки с отверстием, подвешенной на двух нитях (рисунок 3).

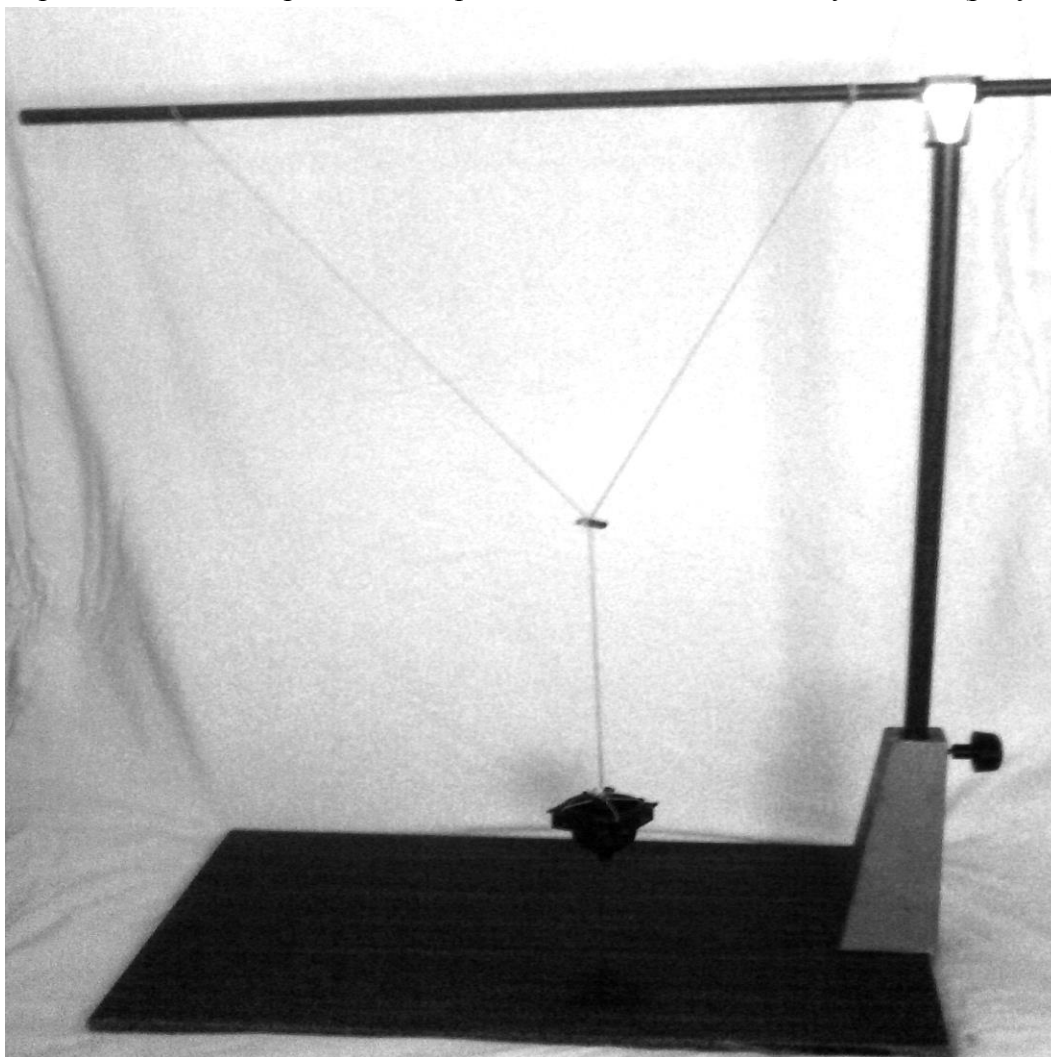


Рис.3. Маятник Эйри

Такой маятник вы можете самостоятельно сделать дома и провести эксперимент.

Установим маятник на демонстрационном столе. В воронку насыпем мелкий просушенный песок, а под ней расположим экран. Установим фиксатор в такой точке, чтобы периоды колебаний воронки, совершающей колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях, относились как 3:1. Передвигая фиксатор в другое положение, получим фигуры, соответствующие другому соотношению периодов колебаний воронки.

Воронка, подвешенная на нитях, охваченных фиксатором, является примером системы с двумя степенями свободы, в которой можно одновременно возбудить взаимно-перпендикулярные колебания, соответствующие двум модам. Такой маятник может колебаться относительно оси, проходящей через плоскость подвеса (вертикальная плоскость) и относительно оси, перпендикулярной к первой и проходящей через точку фиксатора (горизонтальная плоскость). Очевидно, что частота первых колебаний меньше частоты вторых. Подобрал положение колечка таким образом, чтобы отношение частот равнялось 3:1, наполним воронку маятника песком. Зажав пальцем руки отверстие, отклоним воронку по диагонали экрана и толчком приведем маятник в колебательное движение. Фигура Лиссажу, которую описывает движущаяся воронка и повторяет высыпавшийся песок, зависит от направления этого толчка. При начальном толчке воронки в направлении, лежащем в плоскости штатива, на экране появится «приплюснутая восьмерка» (рисунок 4). Передвигая фиксатор по нитям маятника, можно получать фигуры Лиссажу, соответствующие другому соотношению частот нормальных колебаний (мод).



Рис.4. Фигура Лиссажу

6) Рефлексия.

Учитель: Вернемся к эпиграфу нашего урока. Согласны ли вы со словами автора?

Учащиеся: (высказываются).

Учитель: А закончить сегодняшний урок я хотела бы словами Н.А. убакина «*Всякое настоящее образование добывается только путем самообразования*». До свидания.

7) Домашнее задание.

Учитель: Попробуйте сделать самостоятельно маятник Эйри, проведите эксперимент и получите фигуры Лиссажу.

Такой способ, чтобы увидеть колебания маятника предложил в 1855 году Джордж Биддел Эйри. С помощью маятника Эйри можно увидеть и сложение колебаний. Если сделать подвес в виде буквы «Y», то колебания подвеса будут сразу в двух плоскостях,

причем с разной частотой, пропорционально плечам буквы. Результатом их наложения друг на друга станут причудливые гладкие линии на песке. Когда отношение частот этих взаимоперпендикулярных колебаний становится рациональным числом, линии становятся замкнутыми. Их называют Фигуры Лиссажу.

Выводы. Казалось бы, маятник вещь простая, но эта простота кажущаяся. У обычного маятника (груз на нити) два положения равновесия. Однако, если точка подвеса сама совершает колебания, у маятника появляются новые положения равновесия, которые постоянно смещаются. Такой маятник описывает очень интересные траектории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пушкарёва Н.Б., Шумихина К.А., Оськина В.А. Роль натурального и виртуального эксперимента в лекционном курсе физики. XI Международная научно-методическая конференция «Новые образовательные технологии в вузе», УФУ, Урал, 2015. С. 2 - 10
2. Марголис, А.А., Парфентьева, Н. Е. Практикум по школьному физическому эксперименту / А.А. Марголис, Н.Е. Парфентьева, Л.А. Иванова - М.: Просвещение, 1977. – 232 с.

S.A. Lukashevich, T.P. Zhelonkina, E.B. Shershnev

Gomel State University

DEMONSTRATION EXPERIMENT IN THE PROCESS OF STUDYING THE THEORY OF MECHANICAL VIBRATIONS AND WAVES AT THE LESSON OF PHYSICS

The article considers the methodological principles of implementation of the learning experiment in the study of mechanical vibrations and waves. Special attention is paid to computer simulation of the experiment, which increases students ' motivation to learn physics.

Keywords: *physical experiment, education, computer modeling, harmonic oscillations, Lissajous figures.*

Т.П. Желонкина, С.А. Лукашевич, Е.Б. Шершне

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРИИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН НА УРОКЕ ФИЗИКИ

В статье рассматриваются методические основы внедрения учебного эксперимента при изучении механических колебаний и волн. Особое внимание уделяется компьютерному моделированию эксперимента, которое повышает у учащихся мотивацию к обучению физике.

Ключевые слова: *физический эксперимент, образование, компьютерное моделирование, гармонические колебания, фигуры Лиссажу.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лукашевич Светлана Анатольевна – старший преподаватель кафедры теоретической физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.

Желонкина Тамара Петровна – старший преподаватель кафедры общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.

Шершне Евгений Борисович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.